

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Commissioner
US Department of Commerce
United States Patent and Trademark
Office, PCT
2011 South Clark Place Room
CP2/5C24
Arlington, VA 22202
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year)

12 April 2001 (12.04.01)

International application No.

PCT/JP00/05518

Applicant's or agent's file reference

FOR200014PCT

International filing date (day/month/year)

17 August 2000 (17.08.00)

Priority date (day/month/year)

17 August 1999 (17.08.99)

Applicant

SUDO, Jun et al

1. The designated Office is hereby notified of its election made:



in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

21 February 2001 (21.02.01)



in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was



was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO
34, chemin des Colombettes
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer

Kiwa Mpay

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re International Application of
Jun SUDO and Toshiaki HASEGAWA
International Serial No.: PCT/JP00/05518
International Filing Date: August 17, 2000
For: COMBUSTION METHOD AND BURNER

VERIFICATION OF TRANSLATION

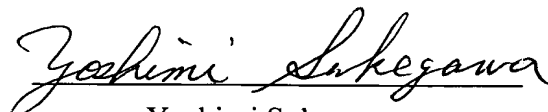
Honorable Commissioner of Patents and Trademarks Washington, D.C. 20231

Sir:

YOSHIMI SUKEGAWA residing at c/o Murase & Associates, Nishishimbashi
Tachikawa Bldg. Bekkan, 12-7, Nishishimbashi 2-chome, Minato-ku, Tokyo, Japan,
declares:

- (1) that I know well both the Japanese and English languages;
- (2) that I translated the above-identified International Application from Japanese to English;
- (3) that the attached English translation is a true and correct translation of the response to the international preliminary examination in respect of the above-identified International Application to the best of his knowledge and belief; and
- (4) that all statements made of his own knowledge are true and that all statements made on information and belief are believed to be true, and further that these statements are made with the knowledge that willful false statements and the like are punishable by fine or imprisonment, or both, under 18 USC 1001, and that such false statements may jeopardize the validity of the application or any patent issuing thereon.

This 5th day of February, 2002.


Yoshimi Sukegawa

R E S P O N S E

To: Examiner of the Patent Office, Shigeo Inoue

1. Identification of the International Application

PCT/JP00/05518

2. Applicant

Name: NIPPON FURNACE KOGYO KABUSHIKI KAISHA

Address: 1-53, Shitte 2-chome, Tsurumi-ku, Yokohama-shi,

Kanagawa 230-8666 Japan

Country of nationality: JAPAN

Country of residence: JAPAN

3. Agent:

Name: (8746) Kazumi Murase, Patent Attorney

Address: Nishishimbashi Tachikawa Bldg. Bekkan, 12-7,

Nishishimbashi 2-chome, Minato-ku, Tokyo 105 JAPAN

4. Date of inform:

10.04.01

5. Substance of Response

as stated in the attached sheet

(1) Although negative opinions were presented on the inventive step of the present invention defined in claims 1 to 4, 8 to 14, 16, 18, 21 to 25, and 28 based on the following references 1 to 3, we can not agree that the present invention is obvious in view of prior arts disclosed in the references as mentioned below.

Reference 1: US, 5833447, A

Reference 2: JP, 11-182818, A

Reference 3: JP, 10-219354, A

(2) Present Invention Defined in Claims 1 to 4, 10 to 14, 16, 18, 21 to 23 and 25:

(I) The examiner stated "a full text of the specification of the reference 1 and Figs. 26 and 28 disclose a burner which injects combustion air from an elliptical throat and also injects fuel toward this air jet flow. Further, a full text of the reference 2 and Figs. 1 and 3 disclose a burner provided with a regenerator for collecting heat of combustion exhaust gas and preheating combustion air. It is obvious for persons skilled in the art to add the regenerator described in the reference 2 to the burner described in the reference 1."

(i) However, the present invention according to claims 1 and 11 overrides the common sense concerning conventional combustion and realizes combustion with a short flame and a reduced amount of NOx. That is, in the common sense relating to the conventional combustion, it has been considered that a flame maximum temperature can be heightened and an amount of NOx to be generated can be exponentially increased (in particular, this increase becomes prominent when

preheating the combustion air to a high temperature close to a combustion exhaust gas temperature and supplying the preheated combustion air) wherever combustion air and fuel are caused to collide with each other while the combustion air and the fuel are having the velocity energy which is sufficient for provoking their mixing in the strong turbulent state. However, the present inventors have found a phenomenon which has not been conventionally thought in the combustion common sense, namely, that combustion with low NO_x and short flames can be realized by mixing furnace gas in an air jet flow having an increased specific surface area and then causing collision before losing the velocity energy of air and fuel, and they have reached the present invention.

(ii) On the contrary, the invention disclosed in the reference 1 does not describe about this point. In particular, there has been pointed out that Figs. 26 and 28 disclose an elliptical combustion air injection opening and a fuel injection opening arranged in the vicinity of the combustion air injection opening. However, the air jet flow and the fuel jet flow are injected so as to collide with each other in parallel or at an angle falling with a range of approximately 15° , and the principle of the invention disclosed in the reference 1 is different from that of the present invention which aims at rapid diffusion.

(iii) Further, in the burner illustrated in Figs. 1 and 3 of the reference 2, a hit point (collision/mixing position) of fuel relative to combustion air is shifted on the center line of a nozzle, the fuel mixing position is dispersed to, e.g., two points P₁ and P₂, and irregularities in

injection flow temperature on an injection flow line are reduced in order to avoid reduction in temperature at the center of the furnace width.

(iv) Therefore, the present invention according to claims 1 and 11 can not be attained even if the references 1 and 2 are combined, and it can not be said that the present invention is obvious from these references 1 and 2. Furthermore, since the present invention according to claims 2 to 4, 10, 12 to 14, 16, 18, 21 to 23, and 25 is obtained by further technically restricting the present invention defined in claim 1 or 11, it can be considered that the present invention according to these claims has the inventive step.

(II) Present Invention Defined in Claims 8, 9, 24 and 28:

The examiner stated "the reference 3 describes a heating furnace that a plurality of pairs of burners are formed in the furnace and the reduction atmosphere is formed inside the furnace. Using the burner disclosed in the reference 1 to the heating furnace described in the reference 3 is obvious to persons skilled in the art."

(i) However, as the reference 3 describes in [0024] "as mentioned above, in any zone, by setting a quantity of air supplied from an air injection opening in such a manner that an air ratio becomes slightly larger than 1 in view of the entire burner 10", the heating furnace in this reference 3 is not a heating furnace in which the reduction atmosphere is formed as pointed out by the examiner.

The reference 3 just mentions that there may be a case where the fuel is injected from two separate positions in parallel, one of which is close to a heating object and the other one of which is far from the heating

object, with the air jet flow sandwiched therebetween in order that the mixed area of air with the fuel jet flow close to the heating object is partially made to a reducing flame. Therefore, recognition of the reference 3 by the examiner is based on the distortion.

Thus, even if the burner disclosed in the reference 1 is used for the heating furnace described in the reference 3, it can not be said that the present invention defined in claims 8, 9, 24 and 28 are obvious to persons skilled in the art.

REPLACED BY
ART 34 AMDT

SPECIFICATION
COMBUSTION METHOD AND BURNER
TECHNICAL FIELD

In respective fields of iron and steel, non-ferrous metal, ceramics
5 and others, non-oxidizing reduction combustion with an air ratio of 0.5 to
0.95 (operating air ratio varies depending on each target furnace) is
conventionally carried out in order to reduce an oxidation or generation
scale, or improve or reform a material quality in a heat treatment step of
a material. For example, in case of a ceramic baking furnace 102 shown
10 in Fig. 16 as a typical example of a prior art non-oxidizing combustion
furnace, a plurality of reduction type burners (capable of performing
combustion at an air ratio not more than the theoretical air ratio) 101 are
set so that a work 103 is heated in this non-oxidizing atmosphere (for
example, an ordinary temperature to 1,250°C), extracted and carried to a
15 next processing step. Although generation of soot is suppressed as much
as possible by a well-designed mixing mechanism in the burners 101,
generation of CO can not be of course avoided. Thus, usually, CO is
burned in an after burner 104 provided in the vicinity of an outlet of the
furnace, and exhaust gas is then passed through a recuperator 105
20 provided at one position. In this recuperator, heat exchange with
combustion air is carried out, and the exhaust gas is emitted from a stack
108 at usually 300 to 400°C. Also, there are many facilities which do not
have the recuperator 105. It is to be noted that reference numeral 106 in
the drawing denotes a blower and 107 designates an exhaust fan.

25 In such non-oxidizing reduction combustion, fuel which mainly

suppressed while also suppressing occurrence of NOx when a specific surface area of an air jet flow is increased and air and fuel are caused to collide with each other in a predetermined range. In other words, it is conventionally considered that a flame maximum temperature can be heightened and a quantity of NOx to be generated can be rapidly increased wherever air and fuel are caused to collide with each other when there is velocity energy which is sufficient for causing mixing in the very strong turbulent flow state of combustion air and fuel. In particular, it has been conventionally considered that this tendency becomes prominent when combustion air is preheated to a high temperature close to a combustion exhaust gas temperature. However, the present inventor and others have found that it is possible to effect combustion within a range of sufficient turbulent strength and with the low oxygen density by changing a cross sectional shape of an air jet flow and causing air and fuel to collide with each other in a predetermined range.

Furthermore, the present inventor and others have revealed that flames can be shortened while suppressing generation of NOx when a specific surface area of an air jet flow is increased and air and fuel are caused to collide with each other, although it has been conventionally considered that rapidly mixing (turbulent diffusion mixing) of air and fuel immediately after the injection in order to shorten flames causes a large amount of NOx to be suddenly generated. That is, it has been conventionally considered that a combustion area is narrowed and a flame maximum temperature can be heightened and a large quantity of NOx is rapidly generated wherever air and fuel are caused to collide with

temperature areas because there is no part having the high oxygen density in the jet flow of combustion air. That is, in case of performing non-oxidizing reduction combustion with an air ratio of less than 1, when the oxygen density of combustion air is reduced and the fuel jet flow and the air jet flow are rapidly subjected to initial mixing with the strong turbulence, an amount of free O₂ can be reduced as much as possible, and generation of unburned soot and that of NO_x can be simultaneously suppressed. Further, in case of turbulent diffusion combustion with an air ratio of not less than 1, a *tanen* than that during low-speed mixing combustion can be obtained, but it is possible to obtain a flame having a flat temperature distribution without locally generating a high-temperature area, which is the same as that of low-speed mixing combustion.

Further, according to the present invention, in a non-oxidizing reduction combustion method defined in claim 1, combustion air is preheated to a high temperature close to a temperature of combustion exhaust gas by collecting heat of combustion exhaust gas exhausted through a regenerative medium, and then supplied. Furthermore, according to a burner of the present invention, in the non-oxidizing reduction combustion burner defined in any of claims 9 to 19, an air throat includes a regenerative medium and flow path switching means which alternately leads combustion exhaust gas and combustion air to the regenerative medium, and combustion air preheated to a high temperature close to a combustion exhaust gas temperature is injected into a furnace through a regenerator.

suppress generation of unburned soot and that of NO_x. With an air ratio of not less than 1, the short flame can be realized without increasing a quantity of NO_x.

Moreover, according to the present invention defined in claim 3, in
5 a non-oxidizing reduction combustion method according to claim 1 or 2, combustion air is formed into a jet flow which is flat and has a thin thickness as a whole. In this case, the dilution effect by combustion gas is further enhanced by great increase in a specific surface area of the air jet flow, and a flow part having the high oxygen density/a jet flow having
10 no core is formed when air collides with fuel. Thus, with the air ratio of less than 1, initial mixing can be rapidly performed and combustion can be carried out without having the high oxygen density parts but with the low oxygen density parts as a whole in the range of sufficient turbulence strength. As a result, an amount of soot to be generated can be reduced
15 as much as possible, and occurrence of NO_x can be also suppressed. In addition, in case of turbulent diffusion combustion with the air ratio of not less than 1, the short flame can be realized without increasing NO_x.

Additionally, according to the present invention defined in claim 4, in a non-oxidizing reduction combustion method according to any of
20 claims 1 to 3, fuel is injected from at least two injection openings and caused to collide with an air jet flow having an increased specific surface area in a wide area, and this fuel is rapidly mixed with the air jet flow with the strong turbulences. In this case, a contact area between air and fuel is also increased, and mixing can be effected at a higher speed.
25 Therefore, with the air ratio of less than 1, an amount of free O₂ can be

reduced as much as possible, and generation of unburned soot can be decreased as much as possible. Further, generation of NOx can be also suppressed, thereby realizing the short flame without increasing NOx with the air ratio of not less than 1.

5 Furthermore, according to the present invention defined in claim 5, in a non-oxidizing reduction combustion method according to any of claims 1 to 4, a plurality of fuel jet flows are formed, and the fuel jet flows collide with each other before colliding to the air jet flow. In this case, since a flat fuel jet flow which flatly spreads can be obtained when the
10 fuel jet flows collide with each other before coming in contact with the air jet flow, a contact surface area between fuel and high-temperature furnace gas is increased. As a result, the fuel jet flow is diluted/preheated (condition of a furnace temperature of not less than 800°C) at a position away from a fuel injection portion by a very short
15 distance as compared with a case of a circular jet flow. Therefore, fuel has a high temperature, and a calorific value is sufficiently low. Furthermore, combustion air also has a high temperature and includes no part having the high oxygen density. Thus, even if rapid initial mixing is carried out with the strong turbulences, the stability of an ignition source
20 can be maintained in a wide range of the supplied air temperature, and the combustion reaction is accelerated. Moreover, a quantity of free O₂ can be greatly decreased and an amount of soot to be produced can be reduced as much as possible.

 Additionally, according to the present invention defined in claim 6,
25 in a non-oxidizing reduction combustion method according to any of

claims 1 to 4, a plurality of air jet flows are formed, and the air jet flows collide with each other before coming in contact with a fuel jet flow. In this case, a flat air jet flow which flatly spreads can be obtained when the air jet flows collide with each other before coming in contact with the fuel jet flow. Thus, as a result of increase in a contact surface area with respect to the high-temperature furnace gas, combustion air can be diluted/preheated (condition of the furnace temperature of not less than 800°C) by combustion gas without being greatly distanced from the air injection portion as compared with a case of a circular jet flow. At this moment, since combustion air has a high temperature and the oxygen density is sufficiently lowered so that there is no part with the high oxygen density, even if combustion air is mixed with fuel in that state, the stability of an ignition source can be maintained in a wide range of the supplied air temperature, and combustion generating no area having a locally high temperature can be formed. At the same time, the combustion reaction is accelerated and an amount of free O₂ can be reduced as much as possible, and minimization of a quantity of soot to be generated can be realized. With the air ratio of not less than 1, the short flame can be realized without increasing NO_x.

Further, according to the present invention, in a non-oxidizing reduction combustion method defined in any of claims 1 to 4, a plurality of fuel jet flows and air jet flows are formed, the air jet flows collide with each other and the fuel jet flows collide with each other before the fuel jet flows come in contact with the air jet flows. In this case, since a flat jet flow which flatly spreads can be obtained when the fuel jet flows collide

with each other before coming in contact with the air jet flows, a contact surface area between fuel and high-temperature furnace gas is increased. Consequently, the fuel jet flows are diluted/preheated (condition of the furnace temperature of not less than 800°C) without largely distanced
5 from the fuel injection portion as compared with a case of a circular jet flow. At the same time, the air jet flows are also formed into a flat jet flow which flatly spreads when the air jet flows collide with each other before coming in contact with the fuel jet flow, and hence a high temperature is obtained, and the oxygen density is sufficiently lowered.
10 Accordingly, when fuel has a high temperature, and the calorific power is sufficiently decreased, combustion air has a high temperature and includes no locally high oxygen density part. Therefore, even if initial mixing is rapidly carried out with the strong turbulences, the stability of an ignition source can be maintained in a wide range of the supplied air
15 temperature, and combustion generating no locally high temperature area can be formed. At the same time, the combustion reaction is accelerated. With the air ratio of less than 1, an amount of free O₂ can be reduced as much as possible, and minimization of a quantity of soot to be produced can be realized. With the air ratio of not less than 1, the
20 short flame can be realized without increasing NO_x.

Moreover, according to the present invention, in a non-oxidizing reduction combustion method defined in any of claims 1 to 7, a plurality of pairs of the combustion jet flow and the air jet flow which collide with each other in the furnace are formed, thereby forming a large combustion
25 field.

In addition, in a burner according to the present invention, fuel is injected with a ratio d_e/D_{pcd} of a corresponding diameter d_e of an opening of the air throat and a gap $1/2D_{pcd}$ from the center of the air throat to the center of a fuel nozzle falling within a range of 0.1 to 0.5 and with a ratio
5 L_a/d_e of the corresponding diameter d_e of the air throat with respect to a distance L_a from an intersection of a fuel injection axis and a plane on the central axis in the air throat longitudinal direction to an outlet surface of the air throat falling within a range of 1.0 to 5.0. When the air throat and the fuel nozzle are arranged within this range, the fuel jet flow and
10 the air jet flow are caused to collide with each other while fuel has the velocity energy which is necessary and sufficient for turbulent diffusion mixing involving strong turbulences with the oxygen density of combustion air being sufficiently low.

Moreover, in a burner according to the present invention, fuel is
15 injected with a ratio d_e/D_{pcd} of a corresponding diameter d_e of an opening of the air throat and a gap $1/2D_{pcd}$ from the center of the air throat to the center of the fuel nozzle falling within a range of 0.1 to 0.5 and a ratio L_a/d_e of the corresponding diameter d_e of the air throat with respect to a distance L_a from an intersection of a fuel injection axis and a
20 plane on the central axis in the air throat longitudinal direction to an outlet surface of the air throat falling within a range of 2.0 to 10.0. When the air throat and the fuel nozzle are arranged within this range, the fuel jet flow and the air jet flow are caused to collide with each other while fuel has the velocity energy which is necessary and sufficient for
25 turbulent diffusion mixing involving the strong turbulences and the

oxygen density of the combustion air is satisfactorily low.

Moreover, according to the present invention, in the non-oxidizing reduction combustion burner, the air throat has a flat rectangular opening. An air jet flow formed in this case is flat and its specific surface
5 area is exponentially increased as compared with the counterpart injected from a circular air throat. This activates contact with combustion gas and enhances the dilution effect, and a jet flow which does not have a high oxygen density portion/core can be hence formed when the air jet flow collides with fuel with the strong turbulences. Accordingly, an amount of
10 free O₂ can be considerably reduced, and rapid initial mixing is carried out with strong turbulences. A quantity of soot to be generated can be minimized, and generation of NO_x can be further suppressed.

Moreover, according to the present invention defined in claim 13, a specific surface area can be increased by dividing the air throat into a
15 plurality of small holes. In this case, the specific surface area can be readily greatly increased as compared with the air throat consisting of a single perfect circle, and the distribution of temperature can become flat by scattering of the flames.

In addition, according to the present invention defined in claim 14,
20 the air throat is divided into a plurality of small holes and respective jet flows are arranged in a row so as to be connected to each other without being independent in order to form a jet flow having a flat cross sectional shape as a whole. In this case, the specific surface area becomes larger than that of a jet flow formed by the circular air throat and the oxygen
25 density can be further rapidly decreased, as similar to the case of a flat

15, in a non-oxidizing reduction combustion burner according to any of claims 9 to 14, a fuel nozzle has at least two injection openings so that fuel can collide in a wide area with an air jet flow having an increased specific surface area. In this case, a contact area of combustion air with respect to fuel can be increased, and initial mixing by turbulent diffusion can be rapidly and extensively effected.

Moreover, according to the present invention defined in claim 16, in a non-oxidizing reduction combustion burner according to any of claims 9 to 14, the fuel nozzle has at least two injection openings so that a jet flow in which fuel jet flows emitted from respective injection openings collide with each other before coming in contact with an air jet flow is formed. In this case, since a flat jet flow which flatly spreads can be obtained when the fuel jet flows collide with each other before coming in contact with an air jet flow, a contact surface area between the fuel and the high-temperature furnace gas is increased. As a result, the fuel jet flows are diluted/preheated (condition of the furnace temperature of not less than 800°C) with a distance from the fuel injection portion being extremely reduced as compared with the case of a circular jet flow. Therefore, fuel has a high temperature and a calorific value is sufficiently low. In addition, combustion air also has a high temperature and there is no part having the high oxygen density. Thus, even if initial mixing is rapidly carried out with the strong turbulences, the stability of an ignition source can be maintained in a wide range of the supplied air temperature, and the combustion reaction is accelerated, and an amount of free O₂ can be reduced as much as possible, and minimization of

generation of soot can be realized.

In addition, according to the present invention defined in claim 17, in a non-oxidizing reduction combustion burner according to any of claims 9 to 16, a plurality of fuel nozzles are arranged so as to surround an air jet flow. In this case, a contact area of air with respect to fuel can be increased, and initial mixing by turbulent diffusion can be extensively and rapidly performed.

Additionally, according to the present invention defined in claim 19, in a non-oxidizing reduction combustion burner according to claim 18, a plurality of fuel nozzles form a jet flow in which fuel jet flows collide with each other before coming in contact with an air jet flow. In this case, since a flat jet flow which flatly spreads can be obtained when fuel jet flows collide with each other before coming in contact with an air jet flow, a contact surface area between the fuel and the high-temperature furnace gas is increase. As a result, the fuel jet flows are diluted/preheated (condition of the furnace temperature of not less than 800°C) with a distance from the fuel injection portion being extremely reduced as compared with the case of circular jet flow. Therefore, fuel has a high temperature, and a calorific value is sufficiently lowered. Also, combustion air has a high temperature and there is no part having the high oxygen density. Thus, even if rapid initial mixing is performed with the strong turbulences, the stability of an ignition source can be maintained in a wide range of the supplied air temperature, and the combustion reaction is accelerated, and an amount of free O₂ can be reduced as much as possible, and minimization of generation of soot can

be realized.

In addition, according to the present invention, in a non-oxidizing reduction combustion burner defined in any of claims 11 to 19, a plurality of air jet flows and fuel jet flows are formed, and there are formed jet
5 flows in which the air jet flows collide with each other while the fuel jet flows collide with each other before the air jet flows come in contact with the fuel jet flows. In this case, it is possible to obtain flat jet flows of fuel and combustion air which flatly spread when air jet flows collide with each other and fuel jet flows collide with each other before air jet flows
10 and fuel jet flows come in contact with each other. Therefore, a contact surface area of the fuel and the high-temperature furnace gas and that of the combustion air and the furnace gas are greatly increased as compared with the case of the circular jet flows. As a result, the fuel and the combustion air are diluted/preheated (condition of the furnace
15 temperature of not less than 800°C) with a distance being extremely reduced from each injection portion. Thus, the fuel has a high temperature, and a calorific value is sufficiently lowered. Also, the combustion air has a high temperature, the oxygen density is satisfactorily decreased, and there is no part having a locally high
20 temperature portion. Therefore, even if the fuel and the combustion air are subjected to initial mixing with the strong turbulences, the stability of an ignition source can be maintained in a wide range of the supplied air temperature, and combustion formation can be obtained without generating a locally high temperature area. At the same time, the
25 combustion reaction is accelerated, and an amount of free O₂ can be

reduced as much as possible, and minimization of generation of soot can be realized.

In addition, in this invention, since the combustion air when the fuel jet flow collides with the combustion air has a high temperature close
5 to the combustion exhaust gas temperature and equal or above a self-ignition temperature of mixed gas of air and fuel, the combustion starts at the same time as the combustion air is mixed with the fuel. However, the oxygen density of the combustion air has been considerably decreased when the combustion air is mixed with the fuel. Thus, the
10 combustion area is wider than that of the usual turbulent diffusion combustion so that a locally high-temperature area is not formed as compared with the usual turbulent diffusion combustion.

Moreover, according to the present invention defined in claim 22, in a non-oxidizing reduction combustion burner according to claim 21, a
15 ceramic honeycomb is included as a regenerative medium. Here, it is preferable that the number of cells of the honeycomb is 10 to 200 cells/in². In this case, the pressure loss is much lower than that of a regenerator in which nuggets or blocks are filled. Therefore, even if soot and the like is generated, the performance is hardly deteriorated by clogging or fouling
20 of such soot. Further, since the pressure loss is small, the combustion air can be injected into the furnace at a high speed by the low supply power. Thus, the gas in the furnace can be actively agitated to encourage uniformization of the furnace temperature distribution, and generation of NO_x is suppressed. Also, convection heat transfer between
25 the regenerator and the air or the exhaust gas flowing in the regenerative

medium at a high speed without turbulences can be improved, and it is possible to follow up changes in temperature in a very short time by a thin cell thickness as compared with the case of a regenerator having, e.g., nuggets. Therefore, a high-speed switching is enabled with the capability as the regenerator being fully utilized, and the temperature efficiency of heat exchange can be increased. Furthermore, the furnace temperature can be increased or decreased within a short time, and preheated air having a high temperature is supplied to improve the energy saving effect.

Moreover, according to the present invention defined in claim 23, in a non-oxidizing reduction combustion burner according to claim 21 or 22, the regenerative medium is included in the air throat of a burner body, and flow switching means is directly connected to the burner body so that combustion air and exhaust gas are switched very near the burner body.

In this case, an air supply delay time of air charging/exhaust at the time of burner switching is minimized, and the CO density is stabilized. At the same time, an amount of free O₂ at the time of switching is reduced as much as possible. That is, a purge capacity for a duct between the regenerative medium and the flow switching means is no longer necessary, and an amount of exhaust gas remaining in that duct is thereby also reduced. A quantity of purge air at the time of switching becomes very small. Therefore, the oxygen density can be prevented from being increased, and it is possible to prevent the adverse effect of free O₂ in heat treatment and the like in which such high density should be avoided.

Additionally, according to the present invention defined in claim

FIG. 34 AND 35

BRIEF DESCRIPTION OF DRAWINGS

Fig. 1 is a vertical cross-sectional view showing from the center an embodiment of a non-oxidizing burner for carrying out a non-oxidizing

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re International Application of
Jun SUDO and Toshiaki HASEGAWA
International Serial No.: PCT/JP00/05518
International Filing Date: August 17, 2000
For: COMBUSTION METHOD AND BURNER

VERIFICATION OF TRANSLATION

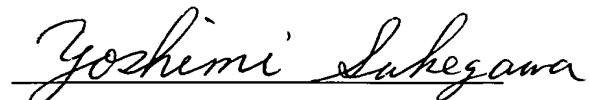
Honorable Commissioner of Patents and Trademarks Washington, D.C. 20231

Sir:

YOSHIMI SUKEGAWA residing at c/o Murase & Associates, Nishishimbashi
Tachikawa Bldg. Bekkan, 12-7, Nishishimbashi 2-chome, Minato-ku, Tokyo, Japan,
declares:

- (1) that I know well both the Japanese and English languages;
- (2) that I translated the above-identified International Application from Japanese to English;
- (3) that the attached English translation is a true and correct translation of the amendment under PCT Article 34 in respect of the above-identified International Application to the best of his knowledge and belief; and
- (4) that all statements made of his own knowledge are true and that all statements made on information and belief are believed to be true, and further that these statements are made with the knowledge that willful false statements and the like are punishable by fine or imprisonment, or both, under 18 USC 1001, and that such false statements may jeopardize the validity of the application or any patent issuing thereon.

This 5th day of February, 2002.


Yoshimi Sukegawa

5. Contents of Amendment

- (1) After page 1, line 2 of the specification, insert

"TECHNICAL FIELD

The present invention relates to an improvement in a burner apparatus and a combustion method thereof. More particularly, the present invention relates to an improvement in a burner apparatus for performing non-oxidizing combustion or reduction combustion and a combustion method thereof."

- (2) The description "with each other, ... suddenly generated." on page 8, lines 19 to 22, in specification is amended to "with each other."

- (3) The description "a combustion area is narrowed and" on page 8 line 23, in specification is canceled.

- (4) Remove the description in lines 10 to 19 of page 26 of the specification and insert "In addition, according to the present invention, since the regenerative burner which can not be conventionally applied can be applied to non-oxidizing reduction combustion, an exhaust gas temperature at an outlet of the furnace can be lowered to a temperature close to an acid dew point, and energy saving of not less than 30% is possible as compared with the prior art burner. Additionally, a reduction ratio of a quantity of NO_x to be generated can be 50% or lower as compared with the prior art burner by high-temperature air combustion, and a temperature distribution in a combustion field can be extremely flat. Therefore, the quality can be improved, and a flame length can be shortened 10 to 30%." after "suppressed." in line 8 of page 11 of the specification.

- (5) Remove the description in lines 5 to 7 of page 27 of the specification and insert "Therefore, an extremely-high-temperature hot blast can be effectively generated in the vicinity of a refractory allowable maximum limit." after "combustion." in line 13 of page 11 of the specification.

- (6) Remove the description in lines 6 to 22 of page 28 of the specification and insert "Specifically, a regenerative burner having the high energy saving effect can be applied to turbulent diffusion combustion. As a result, the flame length can be shortened approximately 10 to 30%, and an exhaust gas temperature at an outlet of the furnace can be lowered to a temperature close to an acid dew point, thereby enabling energy saving of 30% or above as compared with the prior art burner. Additionally, a reduction ratio of a quantity of NO_x to be generated can be reduced to 50% or lower as compared

with the prior art by high-temperature air combustion, thus obtaining a very flat temperature distribution in the combustion field.

Further, according to this burner, the facility can be simplified as compared with a case where a large recuperator is used.

Furthermore, according to the present invention, air and fuel can be mixed at a high speed, and it is possible to realize combustion by which a locally high temperature area is not formed in the flame. Therefore, a hot blast having a very high temperature can be effectively generated in the vicinity of a refractory allowable maximum limit. " after "NOx." in line 2 of page 13 of the specification.

(7) After "possible." on page 14, line 20 of the specification, insert "In addition, in combustion with the air ratio of not less than 1, the short flame can be realized without increasing NOx."

(8) The description "flatly spreads can be obtained" on page 14, line 25, in specification is amended to "flatly spreads can be effectively obtained in a short time/distance".

(9) The description "is accelerated and an amount of free O₂" on page 15, line 13, in specification is amended to "is accelerated. In combustion with the air ratio of less than 1, an amount of free O₂".

(10) The description "when fuel has a high temperature, and the calorific power is sufficiently decreased," on page 16, lines 7 to 8, in specification is amended to "when fuel is diluted with combustion gas, a high temperature is obtained, and an effective calorific value is dropped. Further, the calorific power is sufficiently decreased. Furthermore,".

(11) The description "In addition, in a burner according to the present invention," on page 16, line 22, in specification is amended to "In addition, in a burner according to the present invention, when a quantity of combustion air supplied from an air throat is less than the theoretical air quantity and high-temperature air combustion forming the non-oxidizing atmosphere or the reduction atmosphere is effected,".

(12) Remove the description in line 25 of page 24 to line 7 of page 25 of the specification and insert "In this case, since fuel and air are rapidly mixed by turbulent diffusion mixing involving strong turbulences, an amount of free O₂ to be produced can be reduced as much as possible, and generation of soot and that of NOx can be suppressed. Specifically, when, for example, 13A city gas was burned by using a regenerative burner shown in Figs. 1 and 2, an amount

of generated soot was suppressed to 0.06 g/Nm^3 or lower (Bacharach smoke number of 1) with the air ratio of 0.8 (theoretical CO generation wet gas density of approximately 3.6%) at a furnace temperature of $1,000^\circ\text{C}$. Since an amount of generated soot is not less than 0.13 g/Nm^3 (Bacharach smoke number of 9) when the regenerative burner is burned under the same conditions, reduction of approximately 54% was realized." after "being sufficiently low." in line 9 of page 17 of the specification.

(13) The description "Moreover, in a burner according to the present invention," on page 17, line 10, in specification is amended to "Moreover, in a burner according to the present invention, when a quantity of combustion air supplied from the air throat is not less than the theoretical air quantity and high-temperature air combustion by turbulent diffusion mixing is carried out,".

(14) Remove the description in lines 8 of page 25 to line 9 of page 26 of the specification and insert "With the air ratio of not less than 1, if $La/de = 0.2$ to 10.0 , a further shorter flame can be obtained as compared with that in case of low-speed mixing since fuel and air are rapidly mixed by turbulent diffusion mixing involving the strong turbulences. That is, complete combustion can be effected with a short flame length. As apparent from an experimental result shown in Fig. 11, the flame length is shortened if the calorific power remains unchanged. For example, in case of a burner output of 330 Kw , when air and fuel are injected into the furnace in parallel with a predetermined distance maintained therebetween and mixed at a low speed ($La/de = \infty$, $\alpha = 0^\circ$), approximately 7 m of the visible flame length is required for complete combustion. On the other hand, when air and fuel are caused to collide with each other within a predetermined range ($de/D_{pcd} = 0.1$ to 0.5 , $La/de = 5.0$, $\alpha = 20^\circ$) from the injection opening as in the burner and the combustion method according to the present invention, only approximately 5.2 m of the flame length is required. Therefore, the furnace length can be shortened by this difference in the flame length. Also, even if the furnace length is short, complete combustion can be performed without generating CO. Further, it is possible to obtain a flame temperature which is the same as that when the furnace length is long. Furthermore, as apparent from the experimental result shown in Fig. 10, an amount of NO_x to be generated can be reduced. For example, an amount of NO_x can be decreased to approximately 50 ppm with the air ratio $m = 1.03$ and 80 ppm or lower with

the air ratio $m = 1.1$ by the reduced level conversion of 11% O_2 . Incidentally, since a value of de/D_{pcd} does not largely affect the flame length, the flame length does not greatly change in a range from 0.1 to 0.5." after "is satisfactorily low." in line 22 of page 17 of the specification.

(15) The description "Accordingly, an amount of ... be further suppressed." on page 18, lines 5 to 8, in specification is amended to "Accordingly, in combustion with the air ratio of less than 1, an amount of free O_2 can be considerably reduced, rapid initial mixing is carried out with the strong turbulences. A quantity of soot to be generated can be minimized, and production of NO_x can be further suppressed. In combustion with the air ratio of not less than 1, the short flame can be realized without increasing a quantity of NO_x ."

(16) The description "in a non-oxidizing reduction combustion burner" on page 20, line 4, in specification is amended to "in a burner".

(17) The description "is accelerated, and ... can be realized." on page 20, lines 20 to 22, in specification is amended to "is accelerated. In combustion with the air ratio of less than 1, an amount of free O_2 can be reduced as much as possible, and minimization of generation of soot can be realized. In combustion with the air ratio of not less than 1, the short flame can be realized without increasing a quantity of NO_x ."

(18) The description "is accelerated, and ... can be realized." on page 21, lines 18 to 20, in specification is amended to "is accelerated. In combustion with the air ratio of less than 1, an amount of free O_2 can be reduced as much as possible, and minimization of generation of soot can be realized. In combustion with the air ratio of not less than 1, the short flame can be realized without increasing NO_x ."

(19) The description "is accelerated, and ... can be realized." on page 22, lines 18 to 20, in specification is amended to "is accelerated. In combustion with the air ratio of less than 1, an amount of free O_2 can be reduced as much as possible, and minimization of generation of soot can be realized. In combustion with the air ratio of not less than 1, the short flame can be realized without increasing NO_x ."

(20) The description "In addition, ... diffusion combustion." in line 21 of page 22 to line 5 to page 23, in specification is canceled.

(21) Remove the description in lines 10 to 17 of page 31 of the specification and insert "In addition, when air and exhaust gas alternately flow in the

regenerative medium having the honeycomb structure, they reciprocate without generating a local turbulent flow or a low flow velocity, and hence soot does not adhere or is not deposited. Accordingly, the regenerator does not have to be cleaned or replaced even if it is used for a long time, and the maintenance is unnecessary. Additionally, according to the present invention, the performance is hardly deteriorated by clogging or fouling of the regenerative medium which is caused due to occurrence of soot." after "or fouling of such soot." in line 12 of page 23 of the specification.

(22) The description "Specifically, when, for example, 13A city gas was burned by using a" in line 25 of page 24, in specification is canceled.

(23) The description of page 25 in specification is canceled.

(24) The description of page 26 in specification is canceled.

(25) The description of page 27 in specification is canceled.

(26) The description of page 28 in specification is canceled.

(27) The description of page 29 in specification is canceled.

(28) The description of page 30 in specification is canceled.

(29) The description "density ... forming in the flame." in lines 1 to 22 of page 31, in specification is canceled.

6. List of Attached Documents

- | | | |
|------|---|----------|
| (1) | New sheet of English translation, page 1 | one copy |
| (2) | New sheet of English translation, page 1-1 | one copy |
| (3) | New sheet of English translation, page 8 | one copy |
| (4) | New sheet of English translation, page 11 | one copy |
| (5) | New sheet of English translation, page 11-1 | one copy |
| (6) | New sheet of English translation, page 13 | one copy |
| (7) | New sheet of English translation, page 13-1 | one copy |
| (8) | New sheet of English translation, page 14 | one copy |
| (9) | New sheet of English translation, page 14-1 | one copy |
| (10) | New sheet of English translation, page 15 | one copy |
| (11) | New sheet of English translation, page 16 | one copy |
| (12) | New sheet of English translation, page 16-1 | one copy |
| (13) | New sheet of English translation, page 17 | one copy |
| (14) | New sheet of English translation, page 17-1 | one copy |
| (15) | New sheet of English translation, page 17-2 | one copy |
| (16) | New sheet of English translation, page 18 | one copy |

ART 34 AMDT

- | | | |
|------|---|----------|
| (17) | New sheet of English translation, page 18-1 | one copy |
| (18) | New sheet of English translation, page 20 | one copy |
| (19) | New sheet of English translation, page 20-1 | one copy |
| (20) | New sheet of English translation, page 21 | one copy |
| (21) | New sheet of English translation, page 21-1 | one copy |
| (22) | New sheet of English translation, page 22 | one copy |
| (23) | New sheet of English translation, page 23 | one copy |
| (24) | New sheet of English translation, page 24 | one copy |
| (25) | New sheet of English translation, page 31 | one copy |

12/Port

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re International Application of
Jun SUDO and Toshiaki HASEGAWA
International Serial No.: PCT/JP00/05518
International Filing Date: August 17, 2000
For: COMBUSTION METHOD AND BURNER

VERIFICATION OF TRANSLATION

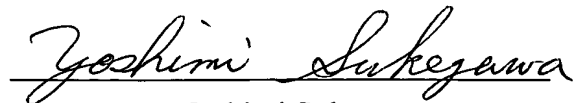
Honorable Commissioner of Patents and Trademarks Washington, D.C. 20231

Sir:

YOSHIMI SUKEGAWA residing at c/o Murase & Associates, Nishishimbashi
Tachikawa Bldg. Bekkan, 12-7, Nishishimbashi 2-chome, Minato-ku, Tokyo, Japan,
declares:

- (1) that I know well both the Japanese and English languages;
- (2) that I translated the above-identified International Application from
Japanese to English;
- (3) that the attached English translation is a true and correct translation of
the above-identified International Application to the best of his knowledge and belief;
and
- (4) that all statements made of his own knowledge are true and that all statements
made on information and belief are believed to be true, and further that these
statements are made with the knowledge that willful false statements and the like are
punishable by fine or imprisonment, or both, under 18 USC 1001, and that such false
statements may jeopardize the validity of the application or any patent issuing thereon.

This 5th day of February, 2002.


Yoshimi Sukegawa

AMENDMENT(PCT, Art. 34 Amendment)

To: Director-General of the Patent Office, Kozo Oikawa

1. Identification of the International Application
PCT/JP00/05518

2. Applicant

Name: NIPPON FURNACE KOGYO KABUSHIKI KAISHA

Address: 1-53, Shitte 2-chome, Tsurumi-ku, Yokohama-shi,
Kanagawa 230-8666 ,Japan

Country of nationality: JAPAN

Country of residence: JAPAN

3. Agent:

Name: (8746) Kazumi Murase, Patent Attorney

Address: Nishishimbashi Tachikawa Bldg. Bekkan, 12-7,
Nishishimbashi 2-chome, Minato-ku, Tokyo 105-0003 JAPAN

4. Object of Amendment:
Specification

37
Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference FOR200014PCT	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/JP00/05518	International filing date (day/month/year) 17 August 2000 (17.08.00)	Priority date (day/month/year) 17 August 1999 (17.08.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC F23L 1/00, 15/02, F23D 14/22		
Applicant NIPPON FURNACE KOGYO KABUSHIKI KAISHA		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.

2. This REPORT consists of a total of 3 sheets, including this cover sheet.

☒ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 16 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☐ Certain defects in the international application
- VIII ☐ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 21 February 2001 (21.02.01)	Date of completion of this report 21 June 2001 (21.06.2001)
Name and mailing address of the IPEA/JP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

I. Basis of the report**1. With regard to the elements of the international application:***

- ☐ the international application as originally filed
- ☒ the description:
pages 18-31, as originally filed
pages 1-13/2,17, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☒ the claims:
pages 1-28, as originally filed
pages _____, as amended (together with any statement under Article 19
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☒ the drawings:
pages 1/12-12/12, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the sequence listing part of the description:
pages _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the language, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language _____ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☒ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☒ the description, pages 14-16
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-28	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	5-7,15,17,19,20,26,27	YES
	Claims	1-4,8-14,16,18,21-25,28	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-28	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

Document 1: US, 5833447, A (L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET, L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE), 10 November 1998 (10.11.98), full text, Figures 26 and 28

Document 2: JP, 11-182818, A (NGK INSULATORS, LTD.), 6 July 1999 (06.07.99), full text, Figures 1 and 3

Document 3: JP, 10-219354, A (SANKEN SANGYO K.K.), 18 August 1998 (18.08.98), full text, Figures 1 and 2

Claims 1-4, 10-14, 16, 18, 21-23, 25

The aforesaid document 1 describes a burner that sprays air for combustion from an elliptical throat and sprays fuel toward this air jet stream. This burner appears to be one that mixes the fuel jet spray with the air jet spray whose specific surface area has been enlarged before it loses its velocity energy, and it is mixed by turbulence.

Therefore in the burner described in document 1 mixing the fuel jet stream in the air jet stream "quickly" with "strong" turbulence is within the ordinary designing ability expected of a person skilled in the art.

Also, document 2 describes a burner provided with a heat storage body for recovering the heat of uncombusted gas and preheating the air for combustion. Adding a burner with a heat storage body like that described in the aforesaid document 2 to the burner described in the aforesaid document 1 is within the ordinary designing ability expected of a person skilled in the art.

Claims 8, 9, 24, 28

Forming a plurality of groups of burners inside a furnace to make a heating furnace is well known to persons skilled in the art, as indicated by the description in the aforesaid document 3. Making a heating furnace by forming a plurality of groups of burners as described in the aforesaid documents 1 and 2 is within the ordinary designing ability expected of a person skilled in the art.

P C T

REC'D 06 JUL 2001

WIPO

PCT

国際予備審査報告

(法第12条、法施行規則第56条)
〔PCT36条及びPCT規則70〕

出願人又は代理人 の書類記号 FOR200014PCT	今後の手続きについては、国際予備審査報告の送付通知（様式PCT/ IPEA/416）を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JP00/05518	国際出願日 (日.月.年) 17.08.00	優先日 (日.月.年) 17.08.99
国際特許分類 (IPC) Int. Cl ⁷ F23L 1/00, F23L 15/02, F23D 14/22		
出願人 (氏名又は名称) 日本ファーンネス工業株式会社		

1. 国際予備審査機関が作成したこの国際予備審査報告を法施行規則第57条 (PCT36条) の規定に従い送付する。
2. この国際予備審査報告は、この表紙を含めて全部で 3 ページからなる。
- ☒ この国際予備審査報告には、附属書類、つまり補正されて、この報告の基礎とされた及び/又はこの国際予備審査機関に対してした訂正を含む明細書、請求の範囲及び/又は図面も添付されている。
(PCT規則70.16及びPCT実施細則第607号参照)
この附属書類は、全部で 16 ページである。
3. この国際予備審査報告は、次の内容を含む。
- I ☒ 国際予備審査報告の基礎
- II ☐ 優先権
- III ☐ 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての国際予備審査報告の不作成
- IV ☐ 発明の単一性の欠如
- V ☒ PCT35条(2)に規定する新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての見解、それを裏付けるための文献及び説明
- VI ☐ ある種の引用文献
- VII ☐ 国際出願の不備
- VIII ☐ 国際出願に対する意見

国際予備審査の請求書を受理した日 21.02.01	国際予備審査報告を作成した日 21.06.01		
名称及びあて先 日本国特許庁 (IPEA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 新 海 岳	3 L	8 1 1 1
電話番号 03-3581-1101 内線 3335			

I. 国際予備審査報告の基礎

1. この国際予備審査報告は下記の出願書類に基づいて作成された。(法第6条(PCT14条)の規定に基づく命令に
応答するために提出された差し替え用紙は、この報告書において「出願時」とし、本報告書には添付しない。
PCT規則70.16, 70.17)

☐ 出願時の国際出願書類

☒ 明細書 第 18-31 ページ、 出願時に提出されたもの
明細書 第 1-13/2, 17 ページ、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの
明細書 第 _____ ページ、 _____ 付の書簡と共に提出されたもの

☒ 請求の範囲 第 1-28 項、 出願時に提出されたもの
請求の範囲 第 _____ 項、 PCT19条の規定に基づき補正されたもの
請求の範囲 第 _____ 項、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの
請求の範囲 第 _____ 項、 _____ 付の書簡と共に提出されたもの

☒ 図面 第 1/12-12/12 ページ、 出願時に提出されたもの
図面 第 _____ ページ/図、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの
図面 第 _____ ページ/図、 _____ 付の書簡と共に提出されたもの

☐ 明細書の配列表の部分 第 _____ ページ、 出願時に提出されたもの
明細書の配列表の部分 第 _____ ページ、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの
明細書の配列表の部分 第 _____ ページ、 _____ 付の書簡と共に提出されたもの

2. 上記の出願書類の言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願の言語である。

上記の書類は、下記の言語である _____ 語である。

- ☐ 国際調査のために提出されたPCT規則23.1(b)にいう翻訳文の言語
☐ PCT規則48.3(b)にいう国際公開の言語
☐ 国際予備審査のために提出されたPCT規則55.2または55.3にいう翻訳文の言語

3. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際予備審査報告を行った。

- ☐ この国際出願に含まれる書面による配列表
☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表
☐ 出願後に、この国際予備審査(または調査)機関に提出された書面による配列表
☐ 出願後に、この国際予備審査(または調査)機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表
☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった
☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記録した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

4. 補正により、下記の書類が削除された。

☒ 明細書 第 14-16 ページ
☐ 請求の範囲 第 _____ 項
☐ 図面 図面の第 _____ ページ/図

5. ☐ この国際予備審査報告は、補充欄に示したように、補正が出願時における開示の範囲を越えてされたものと認められるので、その補正がされなかったものとして作成した。(PCT規則70.2(c) この補正を含む差し替え用紙は上記1.における判断の際に考慮しなければならず、本報告に添付する。)

V. 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての法第12条(PCT35条(2))に定める見解、それを裏付ける文献及び説明

1. 見解

新規性(N)

請求の範囲

1-28

有

請求の範囲

無

進歩性(IS)

請求の範囲

5-7, 15, 17, 19, 20, 26, 27

有

請求の範囲

1-4, 8-14, 16, 18, 21-25, 28

無

産業上の利用可能性(IA)

請求の範囲

1-28

有

請求の範囲

無

2. 文献及び説明(PCT規則70.7)

文献1: US, 5833447, A (L'Air Liquide, Societe Anonyme pour l'Etude Et, l'Exploitation des Procédes Georges Claude)

10. 11月. 1998 (10. 11. 98)

全文, 第26, 28図

文献2: JP, 11-182818, A (日本碍子株式会社)

6. 7月. 1999 (06. 07. 99)

全文, 第1, 3図

文献3: JP, 10-219354, A (三建産業株式会社)

18. 8月. 1998 (18. 08. 98)

全文, 第1, 2図

請求の範囲1-4, 10-14, 16, 18, 21-23, 25

上記文献1には、燃焼用空気を楕円形のスロットから噴出すると共にこの空気噴流に向けて燃料を噴射させたバーナが記載されている。かかるバーナも、比表面積を増大させた空気噴流に燃料噴流がその速度エネルギー損失前に混合するものであって、乱れを以て混合されるものと理解される。

よって、かかる文献1記載のバーナにおいて、燃料噴流の空気噴流に対する混合を「強い」乱れをもって「急速」に行う、とすることは、当業者が通常の創作能力を発揮してなし得た域を越えるものではない。

また、上記文献2には、燃焼排ガスの熱を回収して燃焼用空気を予熱するための蓄熱体を備えたバーナが記載されており、上記文献1記載のバーナにおいて、上記文献2記載のバーナのように蓄熱体を付加することは、当業者が通常の創作能力を発揮してなし得た域を越えるものではない。

請求の範囲8, 9, 24, 28

上記文献3に記載されるように、炉内にバーナを複数組形成して加熱炉を構成することは、当業者に良く知られており、上記文献1, 2記載のバーナを複数組形成して加熱炉を構成することも、当業者が通常の創作能力を発揮してなし得た域を越えるものではない。

明 細 書

燃焼方法及びバーナ

技術分野

本発明はバーナ装置及びその燃焼方法の改良に関する。更に詳述すると、本発明は、無酸化燃焼あるいは還元燃焼を行うバーナ装置並びにその燃焼方法の改良に関する。

背景技術

従来から、鉄鋼、非鉄金属、セラミックス等の各分野では、材料の熱処理工程において、酸化や発生スケールの減少化や材料品質向上や改質のために、空気比0.5～0.95（各対象炉によって運転空気比は異なる）の無酸化還元燃焼が行われる。例えば、従来の無酸化燃焼炉の代表的な例として図16に示されるセラミック焼成炉102の場合は、複数の還元型バーナ（理論空気比以下の燃焼が可能）101が設置され、ワーク103がこの無酸化雰囲気の中で加熱され（例えば常温→1,250℃）、抽出されて次の加工工程に搬送されるように設けられている。燃焼ガス中のすす発生はバーナ101の工夫された混合機構により極力抑制されるがCOの発生は当然避けることは出来ない。そこで、通常、COは、炉の出口近傍に設置されたアフターバーナ104にて燃焼されたあと、排ガスを1ヶ所のレキュペレータ105を通過させ、ここで燃焼用空気と熱交換され、通常300～400℃にして煙突108から排出される。レキュペレータ105をもたない設備も数多く存在する。尚、図中の符号106は送風機、107は排風機である。

このような無酸化還元燃焼は、もっぱらガスを主とする燃料が用いられるが、通常のバーナでは低空気比燃焼および理論空気比以下の燃焼の場合には燃焼ガス中にCOの他、多量のすすが発生し易く、燃焼を安定に維持することが困難となる。

そこで、無酸化雰囲気用バーナーでは、フリーO₂（残存O₂）の発生を抑制するために燃料と空気の初期混合を促進させたり、安定性を増すために一部空気を燃料に予混合するような特別な工夫が成されている。例えば、図17に示すバーナ101のように、エアインテーク114から導入した燃焼用空気をバーナタ

イル 1 1 0 の入口部分の燃料噴射ノズル 1 1 3 の周りに環状配置した何十という小さな孔の空気ノズル 1 1 1 から強い旋回をかけて噴射させるミキシング構造を備え、バーナタイル 1 1 0 の空間 1 1 2 で燃料ガスと燃焼用空気との初期混合が急速に行わせるように設けられている。このミキシング構造を有するバーナ 1 0 1 の場合、空気比 0.6 位まで発煙しない。尚、図中の符号 1 1 5 はパイロットバーナである。

しかしながら、図 1 7 のミキシング機構を有する従来の無酸化バーナ 1 0 1 では、省エネルギーにならないばかりか、それ以上のすすの発生を抑えることもできない。即ち、発煙が無いと言っても、バックラッカスモーク指数で 3 程度であり、発煙としては認められないという程度である。また、図 1 0 のような無酸化バーナ 1 0 1 は混合性を確保するためには複雑なミキシング機構とバーナタイル 1 1 0 とを必要とすることから、大きさに限界があり、スケールアップ（燃焼量の増大）が必要な場合にはバーナ数を増やさざるを得ず、何台ものバーナを集合させようとしても収まりきらない問題がある。しかも、空気と燃料とを噴射直後に急速に混合（乱流拡散混合）して予混合燃焼化させるため、保炎機構が十分でないと安定燃焼条件範囲が狭まりかつ混合比が空気比 1.0 付近となるため火炎最高温度を高くして NO_x の発生を急激に増大させる。

一方、省エネルギーや低 NO_x 性、均一温度分布特性に優れた蓄熱バーナ技術をこれら空気比 0.5～0.95 の無酸化還元雰囲気燃焼に適用しようという試みも為されているが、現在未だ実用化に至っていない段階である。

他方、蓄熱バーナは、燃焼用空気を 1,000℃またはこれ以上に予熱するため NO_x が増加し易い。このため燃料と空気の噴出ノズルを一定距離以上に離し、燃料を空気噴流に平行に噴出させて初期混合を遅らせると同時に高速の空気噴流を用いて炉内のガス循環効果を最大限に生かすことによって、高温空気を排ガスで希釈し、低酸素状態で燃焼反応を行わせて火炎中に局所的な高温領域を形成させないことで NO_x を下げるようにしている。

しかも、蓄熱バーナの場合、通常の無酸化バーナに比べて予熱空気温度が高く（700～1,000℃）、一般の hidrocarbon 系燃料のすす生成温度領域に近いことから、通常バーナよりすすの発生を促進する傾向がある。

このため、理論空気比未満での無酸化還元燃焼では初期混合が極めて遅れた緩慢な燃焼となるためどうしてもすすの発生を伴う。本発明者の実験によれば、バツカラッカスモーク指数で8～9であり、 NO_x の発生も多かった。

そして、このすすの発生は、蓄熱体の閉塞を招き、蓄熱体の性能低下、圧損の増大、メンテナンスの頻度増大が懸念される。

また、短い周期で高温ガス（1, 0 0 0℃以上）がバーナ内に逆流するため（エアスロート即ち空気通路が排ガス通路にもなる）、熱的及び圧力損失の制限から、図17に示す無酸化バーナのような燃料と空気の複雑な初期混合機構をもつことが困難であるし、また金属の使用も制限される。このため、未だ実用化に至っていないのが現状である。

燃焼における NO_x 生成を抑制する根本的な方法としては、（1）火炎温度を下げる、（2）酸素濃度を低くする、（3）滞留時間を短くすることである。そこで、一般的には、酸素濃度の濃い空気と燃料とを急激に混合させると、火炎に高温域が発生するためサーマル NO_x が急激に増加すると思われる。このため、 NO_x の発生を抑制するためには、燃料あるいは燃焼用空気を二段に分けて噴射して所謂濃淡燃焼を起こさせて火炎が高温となるのを防ぐようにしたり、空気と燃料との噴流によって生じる伴流によってバーナ内部で燃焼ガスを強制的に循環させ、この領域での酸素濃度を低下させると共に燃料の希釈を促進させ火炎温度を下げて NO_x 生成量を低くするようにしている。

また、近年、省エネルギーのため、蓄熱体を利用して燃焼排ガスの熱を回収しそれを燃焼用空気の予熱に使って再び炉内へ投入するリジェネレイティブバーナ（蓄熱バーナとも呼ばれる）が提案されている。このバーナでは、燃焼用空気そのものが1, 0 0 0℃またはそれ以上に予熱されて NO_x が増加し易い環境にある。その上、空気と燃料とを噴射直後に衝突させると、上述のごとく酸素濃度の濃い空気と燃料とが急速に混合されて火炎の最高温度を高め NO_x を急激に増加させると考えられる。

そこで、十分な間隔を保って燃料と高温の空気とを平行に炉内へ噴射して、燃料と空気との急激な初期混合を抑制すると同時に、燃料と空気とが混合する前に十分な排ガスを巻き込んで低酸素濃度となってから燃焼を開始させることが試み

られている。

しかしながら、常温の空気を用いた濃淡燃焼の場合には空気と燃料とを噴射直後に衝突させて十分に混合させなければ燃焼させられないので、酸素濃度の濃い空気と燃料との拡散燃焼により火炎の高温域の発生を十分には防ぐことができず、また排ガス再循環燃焼の場合には狭いバーナ内部への排ガスの取り込みが十分なものとはならず、いずれも NO_x の低減が十分なものとは言えなかった。

一方、高温空気を利用する燃焼方法の場合、空気と燃料との可燃混合範囲が増大するため燃焼域が局在せずに分散して広がり NO_x の発生を十分に抑制できるが、その反面十分な間隔を保って燃料と高温の空気とを平行に炉内へ噴射させて低速混合を実現するためには、十分に長い炉内滞留時間を必要とする。このため、狭い炉内・短い炉では燃焼し切れずに未燃分・COが排出されてしまう危険がある。そこで、十分な長さの炉（対を成す燃焼側と排気側のバーナ間の十分な間隔）が必要となり、炉が大型化する問題を有している。

そこで、本発明は、すすの発生が少なく、残存酸素の極小化が可能な無酸化還元燃焼方法及びバーナ装置を提供することを目的とする。また、本発明は、省エネルギーや低 NO_x 性、均一温度分布特性に優れた蓄熱バーナ技術を理論空気比未満特に空気比 m が $0.5 < m < 1.0$ の無酸化還元雰囲気燃焼に適用可能とする無酸化還元燃焼方法及びバーナ装置を提供することを目的とする。

本発明は、炉長が短く、しかも炉長が長いときと変わらない平坦な分布の火炎温度が得られると共に完全燃焼してCOの発生がない低 NO_x 燃焼方法及びバーナを提供することを目的とする。また、本発明は、省エネルギーや低 NO_x 性、均一温度分布特性に優れた蓄熱バーナ技術を短い炉長でも適用可能とする低 NO_x 燃焼方法及びバーナ構造を提供することを目的とする。

発明の開示

かかる目的を達成するため、本発明者等が種々研究・開発した結果、空気と燃料とを噴射直後に急速に混合（乱流拡散混合）させることは、 NO_x の発生を急激に増大させると従来思われていたが、空気噴流の比表面積を増大させ尚かつ所定範囲で衝突させる場合にはフリー O_2 の極小化を達成してすすの発生を抑制しつつ NO_x の発生をも抑制できることを知見するに至った。即ち、従来は燃焼用

空気と燃料とが高強度の乱流の状態では混合を起こすに十分な速度エネルギーを有する間であれば、どこで衝突させても火炎最高温度を高くして NO_x の発生を急激に増大させるものと思われていた。特に、燃焼用空気を燃焼排ガス温度近くの高温に予熱して供給する場合にはそれが顕著になると考えられていた。しかし、本発明者等は、空気噴流の断面形状を変え所定の範囲で衝突させることにより、十分な乱れ強さをもった範囲内で尚かつ酸素濃度が低い状態での燃焼のさせ方が可能となることを知見するに至った。

また、本発明者等は、空気噴流の比表面積を増大させ尚かつ所定範囲で衝突させる場合には NO_x の発生を抑制しつつ短炎化できることを知見するに至った。即ち、従来は燃焼用空気と燃料とが高強度の乱流の状態では混合を起こすに十分な速度エネルギーを有する間であれば、どこで衝突させても火炎最高温度を高くして NO_x の発生を急激に増大させるものと思われていた。特に、燃焼用空気を燃焼排ガス温度近くの高温に予熱して供給する場合にはそれが顕著になると考えられていた。しかし、本発明者等は、空気噴流の断面形状を変え所定の範囲で衝突させることにより、十分な乱れ強さをもった範囲内で尚かつ酸素濃度が低い状態での燃焼のさせ方が可能となることを知見するに至った。

本発明の燃焼方法は、かかる知見に基づくものであって、燃焼用空気を同一流量を真円のスロートから供給する場合に比べて比表面積が大きな噴流断面にして炉温が 800°C 以上の炉内へ噴射すると共にこの空気噴流に向けて燃料を噴射させ、燃料がその速度エネルギーを失う前に空気噴流に強い乱れを以て急速に混合されるようにしている。また、本発明のバーナは、同一流量の燃焼用空気を真円のスロートから供給する場合に比べて比表面積が大きな噴流断面を形成して全量の燃焼用空気を炉内へ噴出するエアスロートと、エアスロートの噴射口からある距離を隔てた位置で尚かつ空気噴流と速度エネルギーを失う前に燃料を衝突させるべく燃料を炉内へ噴射する燃料ノズルとを備えるようにしている。

この場合、空気噴流の比表面積が大きく広い面積で周りの燃焼ガスと接触しかつ取り込んで行くため、噴射直後から急速に酸素濃度が下がって行き、噴出後もまだ強い乱れを伴う乱流拡散混合に必要なかつ十分な速度エネルギーを有する燃料と衝突する頃には酸素濃度が十分低くなっている。そして、炉内温度が 800°C

以上という条件では、空気噴流が短い距離で炉内ガスと混合して希釈とともに予熱され空気温度を上げる。そのため、供給空気温度が、保炎機構がない系で安定に燃焼するために必要とされる少なくとも自己着火温度以上の温度よりもはるかに低くても、例えば空気温度400℃であっても、燃料噴流と接触する以前に容易に高温空気燃焼が必要とされる温度即ち、800℃に達する。依って高温空気燃焼で必要条件とされている約800℃以上という空気温度に対しても、供給空気温度が200ないし300℃以上あれば良い。空気噴流の乱流攪拌効果を高めたことにより、従来の空気温度範囲よりも広い温度範囲で燃焼が可能となる。

したがって、燃料と空気噴流とが強い乱れを以て急速に混合されても、燃焼用空気の噴流には酸素濃度の高い部分がないことから局所的な高温域の発生を伴わずに平坦な温度分布の火炎が安定に形成される。即ち、空気比1未満の無酸化還元燃焼させる場合、燃焼用空気の酸素濃度が低減した状態で尚かつ燃料噴流と空気噴流とが強い乱れを伴って急速に初期混合されることによって、フリーO₂を極めて少なくして未燃のすすの発生とNO_xの発生を同時に抑制することができる。しかも、本発明によると、従来適用不能であった蓄熱バーナを無酸化還元燃焼に適用可能となったので、炉出口の排ガス温度を排ガスの酸露点近い温度まで下げることができ、従来バーナに比べ30%以上の省エネルギー化が可能となる。また高温空気燃焼によって発生NO_x量の低減率も従来型に比べ50%以下にすることができ、燃焼場での温度分布が非常に平坦化され、品質を向上させることに加え火炎長も10～30%の短炎化が可能となる。更に、空気比1以上の乱流拡散燃焼の場合、低速混合燃焼時よりも短炎でありながら低速混合燃焼時と変わらない局所的な高温域の発生しない平坦な温度分布の火炎が形成される。よって非常に高温熱風を耐火物許容最高限界近くで効果的に発生させることが出来る。

また、本発明は、請求項1記載の燃焼方法において、燃焼用空気が蓄熱メディアを介して排気される燃焼排ガスの熱を回収して燃焼排ガスの温度に近い高温に予熱されてから供給されるようにしている。また、本発明のバーナは、請求項11から20のいずれかに記載のバーナにおいて、エアスロートに蓄熱メディアと該蓄熱メディアに対し燃焼排ガスと燃焼用空気とを交互に導く流路切替手段とを備え、蓄熱体を通して燃焼排ガス温度に近い高温に予熱された燃焼用空気を炉内

へ向けて噴射させるようにしている。

この場合、蓄熱体を介して炉内へ高速で噴出される燃焼用空気は排気ガス温度に近い高温に予熱され炉内へ噴射されたときには既に混合気の自己着火温度以上となっているため、炉内へ噴出された直後から周りの燃焼ガスと広い面積で接触して急速に酸素濃度が下がった燃焼用空気と燃料とが強い乱れを伴う乱流拡散混合に必要かつ十分な速度エネルギーを失わないうちに急速に混合されると同時に燃焼を開始する。しかも、燃焼用空気と燃料の双方が強い乱れを伴う乱流拡散に必要かつ十分な速度エネルギーを有するうちに急速に混合されても、燃焼用空気の酸素濃度が十分に低下しているため局所的な高温域が発生しない。更に、高温に予熱された燃焼用空気は高速の流れとなって燃焼室あるいは炉内での燃焼ガスの挙動・循環を活発にし、燃焼室内温度分布を平坦化（局所的な高温域のない平坦な温度分布の燃焼場を形成）する。即ち、燃焼用空気の酸素濃度が低減した状態で尚かつ燃料噴流と空気噴流とが強い乱れを伴って急速に初期混合されると共に炉内排ガスの循環効果が促進され、空気比1未満ではフリー O_2 を極めて少なくして未燃のすすの発生を極小化すると共に NO_x の発生をも抑制することができ、空気比1以上では NO_x を増やさずに短炎化を実現できる。具体的には、省エネルギー効果の高い蓄熱バーナを乱流拡散燃焼に適用することができる。これによって、火炎長を10～30%程度短くすることが可能となると共に、炉出口の排ガス温度を排ガスの酸露点近い温度まで下げることができ、従来バーナに比べ30%以上の省エネルギー化が可能となる。また高温空気燃焼によって発生 NO_x 量の低減率も従来型に比べ50%以下にすることができ、燃焼場での温度分布が非常に平坦化される。

また、このバーナによると、大型のレキュペレータを使用する場合に比べて設備的にも簡素化される。

更に、本発明によると、空気と燃料を高速に混合しつつ、なおかつ火炎中に局所的な高温領域が形成されることのない燃焼が実現される。よって非常に高温熱風を耐火物許容最高限界近くで効果的に発生させることが出来る。

また、請求項3記載の発明は、請求項1または2記載の燃焼方法において、燃焼用空気が、全体として扁平で肉厚の薄い噴流に形成されるようにしている。こ

の場合、空気噴流の比表面積の大幅な増加により、燃焼ガスによる希釈効果を一層高めて、燃料と衝突する頃には酸素濃度の高い流れ部分・芯のない噴流を形成する。したがって、空気比 1 未満では十分な乱れ強さをもった範囲内で尚かつ酸素濃度の高い部分を持たずに全体に低い状態で急速に初期混合を行って燃焼させることができるので、すす発生をより極小化すると共に NO_x の発生をも抑制することができる。また、空気比 1 以上の乱流拡散燃焼の場合には、 NO_x の増加を招かずに短炎化を実現できる。

また、請求項 4 記載の発明は、請求項 1 から 3 のいずれかに記載の燃焼方法において、燃料が、少なくとも 2 つ以上の噴射口から分けて噴射され、比表面積を大きくした空気噴流に対して広い面積で衝突させられて当該燃料が強い乱れを以て空気噴流と急速に混合されるようにしている。この場合、空気と燃料との接触面積も広がり、混合がより急速なものとなる。したがって、空気比 1 未満ではフリー O_2 を極めて少なくして未燃のすすの発生を極小化すると共に NO_x の発生をも抑制することができ、空気比 1 以上では NO_x を増やさずに短炎化を実現できる。

また、請求項 5 記載の発明は、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の燃焼方法において、燃料噴流が複数本形成され、空気噴流と衝突する前に燃料噴流同士が衝突するようにしている。この場合、空気噴流と衝突する前に燃料噴流同士が衝突することによって扁平に広がる平面状噴流が得られることから、燃料と炉内高温ガスとの接触表面積が増大する結果、真円状噴流の場合に比して燃料噴出部からごく短い距離で燃料噴流が希釈・予熱され（炉温 800°C 以上の条件）る。したがって、燃料が高温でかつ発熱量が十分に低下していると共に燃焼用空気も高温でかつ酸素濃度の高い部分がないため、強い乱れを伴って急速な初期混合を行っても供給空気温度の広い範囲で着火源の安定性が保たれかつ燃焼反応が促進されてフリー O_2 を極めて少なくしてすすの発生の極小化が実現される。また、空気比 1 以上の燃焼では NO_x を増やさずに短炎化を実現できる。

また、請求項 6 記載の発明は、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の燃焼方法において、空気噴流が複数本形成され、燃料噴流と衝突する前に空気噴流同士が衝突するようにされている。この場合、燃料噴流と衝突する前に空気噴流同士が衝

突することによって扁平に広がる平面状噴流が短い時間・距離で効果的に得られることから、炉内高温ガスとの接触表面積が増大する結果、真円状噴流の場合に比して空気噴出部からごく短い距離で燃焼用空気が燃焼ガスで希釈・予熱され（炉温 800℃以上の条件）る。このとき、燃焼用空気が高温でかつ酸素濃度が全体に充分に低下して高い部分がないため、その状態で燃料と混合しても供給空気温度の広い範囲で着火源の安定性および局所的な高温域が発生しない燃焼形成が図られると同時に燃焼反応が促進されて空気比 1 未満の燃焼ではフリー O_2 を極めて少なくしてすすの発生の極小化が実現される。空気比 1 以上では NO_x を増やさずに短炎化を実現できる。

また、本発明は、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の燃焼方法において、燃料噴流並びに空気噴流が複数本形成され、かつ燃料噴流と空気噴流とが衝突する前に空気噴流同士並びに燃料噴流同士が衝突するように設けられている。この場合、空気噴流と衝突する前に燃料噴流同士が衝突することによって扁平に広がる平面状噴流が得られることから、燃料と炉内高温ガスとの接触表面積が増大する結果、真円状噴流の場合に比して燃料噴出部からごく短い距離で燃料噴流が希釈・予熱され（炉温 800℃以上の条件）る。同時に、空気噴流も、燃料噴流と衝突する前の空気噴流同士の衝突によって扁平に広がる平面状噴流とされるため、高温でかつ酸素濃度が充分に低下している。したがって、燃料が燃焼ガスで希釈されることによって高温でかつ実効発熱量が落ちて発熱量が充分に低下していると共に燃焼用空気も高温でかつ酸素濃度の高い部分がないため、強い乱れを伴って急速な初期混合を行っても供給空気温度の広い範囲で着火源の安定性が保たれかつ局所的な高温域が発生しない燃焼状態の形成が図られると同時に燃焼反応が促進されて空気比 1 未満ではフリー O_2 を極めて少なくしてすすの発生の極小化が実現される。空気比 1 以上では NO_x を増やさずに短炎化を実現できる。

更に、本発明は、請求項 1 から 7 のいずれかに記載の燃焼方法において、炉内で衝突する前記燃焼噴流と空気噴流との組を複数組形成して大型燃焼場を形成するようにしている。

また、本発明のバーナにおいて、エアスロートから供給される燃焼用空気が理論空気量未満であり無酸化雰囲気あるいは還元雰囲気を形成する高温空気燃焼を

行う場合には、エアスロートの開口の相当直径 d_e とエアスロートの中心から燃料ノズルの中心までの間隔 $1/2 D_{pcd}$ との比 d_e/D_{pcd} が $0.1 \sim 0.5$ の範囲であり、かつ燃料噴流軸とエアスロートの長手方向の中心軸上平面との交点とエアスロートの出口面までの距離 L_a に対するエアスロートの相当直径 d_e の比 L_a/d_e が $1.0 \sim 5.0$ の範囲で燃料を噴射するようにしている。この範囲内にエアスロートと燃料ノズルとが配置される場合、強い乱れを伴う乱流拡散混合に必要なかつ十分な速度エネルギーを燃料が有しながら尚かつ燃焼用空気の酸素濃度が十分に低い状態となって燃料噴流と空気噴流とが衝突させられる。この場合、強い乱れを伴う乱流拡散混合により速やかに混合するため、フリー O_2 の発生を極めて少なくしてすすの発生及び NO_x の発生を押さえることができる。具体的には、図1及び図2に示す蓄熱バーナを用いて、例えば13A都市ガスを燃焼させた場合、図9に示すように空気比 0.8 （理論 CO 発生湿りガス濃度約 3.6% ）炉内温度 $1,000^\circ C$ にて、すすの発生量は $0.06 g/Nm^3$ （バックラッカスモーク指数1）以下に抑えられた。同一条件で通常の蓄熱バーナを燃焼させた時のすすの発生量は $0.13 g/Nm^3$ （バックラッカスモーク指数9）以上となることから、約54%低減できた。

また、本発明のバーナにおいて、エアスロートから供給される燃焼用空気が理論空気量以上であり乱流拡散混合による高温空気燃焼を行う場合には、エアスロートの開口の相当直径 d_e とエアスロートの中心から燃料ノズルの中心までの間隔 $1/2 D_{pcd}$ との比 d_e/D_{pcd} が $0.1 \sim 0.5$ の範囲であり、かつ燃料噴流軸とエアスロートの長手方向の中心軸上平面との交点とエアスロートの出口面までの距離 L_a に対するエアスロートの相当直径 d_e の比 L_a/d_e が $2.0 \sim 10.0$ の範囲で燃料を噴射するようにしている。この範囲内にエアスロートと燃料ノズルとが配置される場合、強い乱れを伴う乱流拡散混合に必要なかつ十分な速度エネルギーを燃料が有しながら尚かつ燃焼用空気の酸素濃度が十分に低い状態となって燃料噴流と空気噴流とが衝突させられる。空気比1以上の場合には、 $L_a/d_e = 0.2 \sim 10.0$ とすれば、強い乱れを伴う乱流拡散混合により速やかに混合するため低速混合時に比べて遙かに短炎となる。即ち、短い火炎長さで完全燃焼する。図11に示す実験結果からも明らかなように、同じ発生熱量の

場合、火炎長さが短くなる。例えば 330 Kw のバーナ出力の場合、空気と燃料とを一定の間隔を保って平行に炉内へ噴射し低速混合させる ($La/de=\infty$; $\alpha=0^\circ$) 時には完全燃焼時の可視火炎長さが約 7 m 必要としているのに対し、本発明のバーナ並びに燃焼方法のように噴射口から一定範囲内 ($de/D_{pcd}=0.1\sim0.5$, $La/de=5.0$, $\alpha=20^\circ$) で衝突させる場合には火炎長さは約 5.2 m しか必要としない。したがって、その分だけ炉長を短くできるし、炉長が短くても完全燃焼して CO も発生しない。しかも、炉長が長いときと変わらない火炎温度が得られる。その上 NO_x の発生も図 10 に示す実験結果より明らかなように低くすることができる。例えば、11% O₂ 低いレベル換算で、空気比 $m=1.03$ の場合で 50 ppm 程度に、 $m=1.1$ で 80 ppm 以下と極めて低くできる。尚、 de/D_{pcd} の値は、火炎長さには大きな影響を与えないので、0.1~0.5 の範囲において火炎長さは大きく変わらない。

また、本発明は、バーナにおいて、エアスロートが、扁平な矩形状の開口を有するようにしている。この場合に形成される空気噴流は真円エアスロートから噴出されるものと比べて扁平で比表面積が飛躍的に増加するため、燃焼ガスとの接触が活発で希釈効果を一層高めることから、強い乱れをもって燃料と衝突する頃には酸素濃度の高い部分・芯のない噴流を形成する。したがって、空気比 1 未満の燃焼ではフリー O₂ を極めて少なくして急速な初期混合が強い乱れを伴って行われ、すすの発生を極小化することが可能となるとともに NO_x の発生が更に抑制され、空気比 1 以上の燃焼では NO_x を増やさずに短炎化を実現できる。

また、請求項 13 記載の発明は、エアスロートを複数の小孔に分割することによって、比表面積を増加できた。この場合、単一の真円から成るエアスロートに比べて容易に比表面積が大幅に増えると共に火炎の散在による温度の平坦化が可能となる。

また、請求項 14 記載の発明は、エアスロートが、複数の小孔に分割されて各噴流が独立せずに連なるように列状に配置され全体として扁平な断面形状の噴流を形成するようにしている。この場合、扁平な矩形スロートの場合と同様に、真円のエアスロートで形成される噴流と比べて比表面積が増大し、酸素濃度の低下がより急速なものとなる。

また、請求項 15 記載の発明のバーナは、複数の小孔が、燃料噴流と衝突する前に空気噴流同士が衝突する噴流を形成するものであるようにしている。この場合、複数の小孔は燃料噴流と衝突する前に空気噴流同士が衝突することによって扁平に広がる複数の平面状噴流が得られることから、炉内高温ガスとの接触表面積が単一の平面状噴流の場合に比べて大幅に増大する結果、空気噴出部から真円状噴流の場合に比して極めて短い距離で燃焼用空気が希釈・予熱され（炉温 800℃以上の条件）る。このとき、扁平エアスロートを用いずとも、空気噴流同士の衝突によって扁平断面を有する噴流を形成することができ、扁平エアスロートの噴流がもたらすものと同じ効果を得ることができる。即ち、燃焼用空気が高温でかつ酸素濃度が十分に低下し酸素濃度が高い部分がないため、その状態で燃料と混合しても供給空気温度の広い範囲で着火源の安定性および局所的な高温域が発生しない燃焼形成が図られると同時に燃焼反応が一層促進されてフリーO₂を極めて少なくしてすすの発生の極小化が実現される。

また、請求項 16 記載の発明は、請求項 11 から 15 のいずれかに記載の無酸化還元燃焼用バーナにおいて、燃料ノズルが、少なくとも 2 つの噴射口を有し、比表面積が大きくなった空気噴流に対して広い面積で燃料を衝突させるようにしている。この場合、燃料との接触面積が広がり、乱流拡散による初期混合がより広範囲で急速に行われる。

また、請求項 17 記載の発明は、請求項 11 から 15 のいずれかに記載のバーナにおいて、燃料ノズルが少なくとも 2 つの噴口を有し、各噴口から噴出される燃料噴流同士が空気噴流と衝突する前に衝突する噴流を形成するようにしている。この場合、空気噴流と衝突する前に燃料噴流同士が衝突することによって扁平に広がる平面状噴流が得られることから、燃料と炉内高温ガスとの接触表面積が増大する結果、真円状噴流の場合に比して燃料噴出部からごく短い距離で燃料噴流が希釈・予熱され（炉温 800℃以上の条件）る。したがって、燃料が高温でかつ発熱量が十分に低下していると共に燃焼用空気も高温でかつ酸素濃度の高い部分がないため、強い乱れを伴って急速な初期混合を行っても供給空気温度の広い範囲で着火源の安定性が保たれかつ燃焼反応が促進されて空気比 1 未満の燃焼ではフリーO₂を極めて少なくしてすすの発生の極小化が実現され、空気比 1 以上の

燃焼では NO_x を増やさずに短炎化を実現できる。

また、請求項 18 記載の発明は、請求項 11 から 17 のいずれかに記載のバーナにおいて、燃料ノズルが、空気噴流を囲むように複数配置されるようにしている。この場合、燃料との接触面積が広がり、乱流拡散による初期混合がより広範囲で急速に行われる。

また、請求項 19 記載の発明は、請求項 18 記載のバーナにおいて、複数本の燃料ノズルは、空気噴流と衝突する前に燃料噴流同士が衝突する噴流を形成するようにしている。この場合、空気噴流と衝突する前に燃料噴流同士が衝突することによって扁平に広がる平面状噴流が得られることから、燃料と炉内高温ガスとの接触表面積が増大する結果、真円状噴流の場合に比して燃料噴出部からごく短い距離で燃料噴流が希釈・予熱され（炉温 800°C 以上の条件）る。したがって、燃料が高温でかつ発熱量が十分に低下していると共に燃焼用空気も高温でかつ酸素濃度の高い部分がないため、強い乱れを伴って急速な初期混合を行っても供給空気温度の広い範囲で着火源の安定性が保たれかつ燃焼反応が促進されて空気比 1 未満の燃焼ではフリー O_2 を極めて少なくしてすすの発生の極小化が実現され、空気比 1 以上の燃焼では NO_x を増やさずに短炎化を実現できる。

また、本発明は、請求項 11 から 19 のいずれかに記載のバーナにおいて、空気噴流並びに燃料噴流が複数本形成され、かつ空気噴流と燃料噴流とが衝突する前にそれぞれ空気噴流同士並びに燃料噴流同士が衝突する噴流を形成するようにされている。この場合、空気噴流と燃料噴流とが衝突する前にそれぞれ空気噴流同士並びに燃料噴流同士で衝突して扁平に広がる平面状の燃料並びに燃焼用空気の噴流が得られることから、燃料と炉内高温ガス並びに燃焼用空気と炉内ガスとの接触表面積がそれぞれ真円状噴流の場合に比べて飛躍的に増大する結果、燃料及び燃焼用空気が各噴出部から極めて短い距離で希釈・予熱され（炉温 800°C 以上の条件）る。したがって、燃料が高温でかつ発熱量が十分に低下していると共に燃焼用空気も高温でかつ酸素濃度が十分に低下し高い部分がないため、強い乱れを伴って燃料と燃焼用空気が初期混合されても供給空気温度の広い範囲で着火源の安定が保たれかつ局所的な高温域が発生しない燃焼形成が得られると同時に燃焼反応が促進されて空気比 1 未満の燃焼ではフリー O_2 を極めて少なくして

すすの発生の極小化が実現され、空気比1以上の燃焼では NO_x を増やさずに短炎化を実現できる。

また、請求項22記載の発明は、請求項21記載のバーナにおいて、セラミックハニカムを蓄熱メディアとして内蔵するようにしている。ここで、ハニカムのセル数は10～200セル/in²であることが好ましい。この場合、ナゲットやブロックなどを充填した蓄熱体に比べて遙かに低圧損のため、すすなどが発生してもそれらによる閉塞や汚れによる性能低下が極めて起りにくい。しかも、ハニカム構造の蓄熱メディア内を空気と排ガスとが交互に流れるときに、局所的な乱流域や低流速がない往復動のため、すすが付着したり堆積することがない。このため長期使用においても蓄熱体の清掃や交換の必要はなく、メンテナンスが不要である。また、この発明によると、すすの発生に伴う蓄熱メディアの閉塞や汚れによる性能低下が極めて起り難い。また、圧損が少ない分だけ低供給動力で燃焼用空気を高速にして炉内へ噴射することができるため、炉内ガスを活発に攪拌し炉内温度分布の均一化を一層助けて NO_x の発生を抑制すると共に、蓄熱メディア内を乱れなく高速で流れる空気あるいは排ガスと蓄熱体との間の対流伝熱を良好にすると共に薄いセル厚さによりナゲット等の蓄熱体の場合に比べて極めて短時間で温度変化に追従することから、蓄熱体としての能力を十分に利用した状態での高速切換を可能にして熱交換の温度効率を高め、炉内温度の昇温あるいは降下を短時間で実現を可能とすると共により高温の予熱空気を供給させて省エネルギー効果を上げる。

また、請求項23記載の発明は、請求項21または22記載のバーナにおいて、バーナ本体のエアスロートに蓄熱メディアを内蔵すると共に、該バーナ本体に流路切替手段を直結し、バーナ本体の直近で燃焼用空気と排ガスとの切替えを行うようにしている。この場合、バーナ切換時の給気・排気の送気遅れ時間を最小化し、 CO 濃度を安定化させると同時に切換時のフリー O_2 を極小化する。即ち、蓄熱メディアと流路切替手段との間のダクト分のパージ容積が不要となる分だけそこに残留する排ガス量も少なくなり、切替時のパージ用空気の量が極微量となるため、切替時に酸素濃度が高くなることを防いで、このような事態を絶対に避けたい熱処理などにおいてフリー O_2 の悪影響を与えないようにすることができ

る。

更に、請求項 28 記載の発明は、請求項 11 から 27 のいずれかに記載のバーナにおいて、エアスロートと燃料ノズルとを複数組設置して大型燃焼機を構成するようにしている。この場合、エアスロートと燃料ノズルを収容するスロートとを必要に応じて複数組、例えば環状に配置したり、縦あるいは横に一直線上に配置したり若しくは放射状に配置するだけで必要に応じて大型の燃焼機を構成できる。

図面の簡単な説明

図 1 は本発明の無酸化還元燃焼方法を実施する無酸化バーナの一実施形態を示す中央縦断面図である。図 2 は図 1 のバーナの正面図である。図 3 は図 1 のバーナの燃焼用空気噴流と燃料噴流との適切な衝突位置を示す説明図である。図 4 はエアスロートと燃料ノズルの他の実施形態を示す正面図及び断面図である。図 5 はエアスロートと燃料ノズルの更に他の実施形態を示す正面図及び断面図である。図 6 は本発明の無酸化還元燃焼方法を実施する無酸化バーナの他の実施形態を示す中央縦断面図である。図 7 は図 6 のバーナのエアスロートと燃料ノズルとの配置関係を示す図で、図 7 A は正面図、図 7 B は断面図である。図 8 は図 6 のバーナの燃焼用空気噴流と燃料噴流との衝突関係を示す説明図である。図 9 はすす濃度と $L a / d e$ 比との関係を空気比ごとに実験した結果を示すグラフである。図 10 は NO_x 発生量と $L a / d e$ 比との関係を空気比ごとに実験した結果を示すグラフである。図 11 は従来の層流拡散燃焼法による火炎長さと本発明の燃焼法による火炎長さとを比較した実験結果を示すグラフである。図 12 はエアスロートと燃料ノズルの他の実施形態を示す図で、図 12 A は正面図、図 12 B は縦断面図である。図 13 はエアスロートと燃料ノズルの更に他の実施形態を示す図で、図 13 A は正面図、図 13 B は縦断面図である。図 14 は燃料ノズルの他の実施形態を示す正面図である。図 15 はエアスロートと燃料ノズルの更に他の実施形態を示す図で、図 15 A は正面図、図 15 B は縦断面図、図 15 C は A-A 線断面図である。図 16 はエアスロートと燃料ノズルの更に他の実施形態を示す図で、図 16 A は正面図、図 16 B は縦断面図、図 16 C は A-A 線断面図である。図 17 は従来の無酸化燃焼方法を実施する無酸化燃焼炉の一例を示す概略原理図である。

国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)
〔PCT18条、PCT規則43、44〕

出願人又は代理人 の書類記号 FOR200014PCT	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220) 及び下記5を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JP00/05518	国際出願日 (日.月.年) 17.08.00	優先日 (日.月.年) 17.08.99
出願人(氏名又は名称) 日本ファーマス工業株式会社		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(PCT18条)の規定に従い出願人に送付する。
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 3 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している(第II欄参照)。

4. 発明の名称は

☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は

☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条(PCT規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、

第 5 図とする。 ☐ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☐ 出願人は図を示さなかった。

☒ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. F23L1/00, F23L15/02, F23D14/22

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. F23L1/00, F23L15/02, F23D14/22

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1940-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2000年
 日本国登録実用新案公報 1994-2000年
 日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 11-182818, A (日本碍子株式会社) 6. 7月. 1999 (06. 07. 99) 全文, 第1, 3図 (ファミリーなし)	1-28
A	JP, 50-104430, A (バブコック日立株式会社) 18. 8月. 1975 (18. 08. 75) 全文, 第3図 (ファミリーなし)	1-28

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 11. 00

国際調査報告の発送日

21.11.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

井上 茂夫



3L 8920

電話番号 03-3581-1101 内線 3336

C (続き) 引用文献の カテゴリー*	関連すると認められる文献 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 2000-161614, A (東京瓦斯株式会社) 16. 6月. 2000 (16. 06. 00) 全文, 第1図 (ファミリーなし)	1-28